

ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗДАНИЯ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО КОРПУСА УРФУ

¹Камотина Е. В., ¹Швецов М. А., ¹Велькин В. И.

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

e-mail: evb95@mail.ru

Аннотация. В работе проведено исследование тепловых потерь тепла здания лабораторного корпуса. Приводятся методика расчета и тепловизионный способ выявления теплопотерь. Рассматривается возможность уменьшения величины потерь путем улучшения теплозащитных свойств ограждающих конструкций. В качестве исследовательской задачи авторами была определена попытка оценить возможность уменьшения величины тепловых потерь, а также реализации данного мероприятия в условиях Уральского региона.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, теплопотери, ограждающие конструкции, теплоснабжение, тепловизионное обследование

ASSESSMENT OF THERMAL LOSSES OF THE LABORATORY BUILDING OF USTU

E. V. Kamotina¹, M. A. Shvetsov¹, V. I. Velkin¹

¹Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

e-mail: evb95@mail.ru

Abstract. The study of heat loss of the laboratory building was carried out. The method of calculation and thermal imaging method of detection of heat loss are given. The possibility of reducing the value of losses by improving the thermal properties of enclosing structures is considered. As a research task, the authors determined an attempt to assess the possibility of reducing the value of heat losses, as well as the implementation of this event in the conditions of the Ural region.

Key words: energy saving, energy efficiency, heat loss, enclosing structures, heat supply, thermal imaging inspection

1. Введение

К серьёзным проблемам строительства относится снижение энергетических ресурсов на эксплуатацию зданий и сооружений при одновременном обеспечении комфортных условий для проживания, работы и нахождения в них. Только на отопление затрачивается до 35 % производимой тепловой энергии, что в 2 раза выше зарубежных показателей. Топливо-энергетическая проблема России усложняется тем, что дорожает производство энергоресурсов на внутреннем рынке [1].

На протяжении последних лет повышение энергоэффективности жилых и гражданских зданий становится особенно актуальным в связи с постоянным удорожанием энергоносителей и стало главным направлением развития строительной отрасли. В европейских странах к разработке норм снижения теплопотерь через ограждающие конструкции и вентилируемый воздух приступили еще в конце 1970 года. Согласно постановлениям Европейского парламента к 31 декабря 2020 года все нововозводимые здания в ЕС должны соответствовать уровню энергопотребления «минимальный» или

«нулевой», кроме того, большую часть энергии дома должны потреблять из возобновляемого источника энергии.

Экономия от снижения энергопотребления зависит, в том числе, от климатических условий района строительства. В Свердловской области климат умеренно континентальный с характерной резкой изменчивостью погодных условий, хорошо выраженными сезонами года. Суровость климата оценивается показателем «градусосутки отопительного периода» и составляет для Свердловской области 6000 ГСОП [2].

2. Характеристика исследуемого объекта

Исследуемым объектом был выбран учебно-лабораторный корпус кафедры ТГиВ УрФУ (рис. 1), в котором планируется реализация систем отопления и горячего водоснабжения путем использования возобновляемых источников энергии (солнечные коллекторы). Использование солнечного теплоснабжения планируется осуществлять в весенне-осенний период года.

Рассматриваемое нами здание является сложным объектом с точки зрения теплообмена. Воздушный и температурно-влажностный режим здания формируются под действием внешних метеорологических воздействий, внутренних поступлений за счет отопительных приборов, оборудования, присутствия людей, а также совместной работы ограждающих конструкций и инженерных систем. [3]



Рис. 1. Учебно-лабораторный корпус кафедры ТГиВ УрФУ

- площадь объекта – приблизительно 350 м²;
- этажность – 6;
- материал стены – кирпич (3 слоя);
- внутренняя отделка стен – штукатурка;
- утеплитель – отсутствует;

Теплоснабжение – централизованное, система отопления двухтрубная с нижней разводкой и открытым разбором на ГВС. Источником теплоснабжения является котельная экспериментально-производственного комбината ЭПК УрФУ установленной мощностью более 130 Гкал/час.

3. Исследования и расчеты теплозащитных свойств ограждающих конструкций

Теплопотери - это потери тепла здания, помещения. Утечка тепла происходит через ограждающие конструкции (стены, окна, перекрытия). Проводимая в России в течение многих десятков лет политика «дешевых» энергоносителей привела к тому, что значительная доля построенных на данный момент зданий характеризуется крайне низким уровнем теплозащиты, а, следовательно, недопустимо высокими затратами тепла на поддержание необходимых параметров микроклимата.

Для определения базовых значений требуемых сопротивлений теплопередаче воспользуемся методикой в [4] и вычислим градусо-сутки отопительного периода, °C·сут/год, по формуле:

$$ГСОП = (t_b - t_{оп}) \cdot Z_{оп} = (19 - (-5,4)) \cdot 221 = 5392 \text{ °C} \cdot \text{сут/год}.$$

Согласно строительным нормам [5], общее сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций следует принимать по условиям энергосбережения с проверкой соответствия санитарно-гигиеническим требованиям. Путем интерполяции для 5392 °C·сут/год получим следующие значения базовых требуемых сопротивлений теплопередаче:

$$\begin{aligned} R_{ст}^{тр} &= 2,08 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}; R_{пт}^{тр} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}; \\ R_{пл}^{тр} &= 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}; R_{ок}^{тр} = 0,28 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}. \end{aligned}$$

Трансмиссионные теплопотери $Q_{огр}$, через каждую теплоотдающую ограждающую конструкцию или ее часть рассчитывают по формуле:

$$Q_{огр} = k_{огр} \cdot A_{огр} \cdot (t_b - t_n) \cdot n \cdot (* 1 + \sum \beta),$$

где $k_{огр}$ – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C); $A_{огр}$ – расчетная площадь теплоотдающей ограждающей конструкции, м²; t_b – расчетная температура внутреннего воздуха, °C; t_n – расчетная температура наружного воздуха, °C; n – коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции относительно наружного воздуха и уменьшающий разность температуры для ограждающих конструкций, не соприкасающихся с наружным воздухом; β – коэффициент, учитывающий добавочные потери.

Потребность в теплоте на нагрев инфильтрационного воздуха $Q_{инф}$, Вт, определяют по формуле:

$$Q_{инф} = 0,28 \cdot G_{инф} \cdot c_v \cdot (t_b - t_n) \cdot A_i \cdot k,$$

где $G_{инф}$ – удельный расход инфильтрационного воздуха через воздухопроницаемый элемент здания, кг/(ч·м²); $c_v = 1,006$ кДж/кг·°C – удельная теплоемкость воздуха; A_i – площадь i -го воздухопроницаемого элемента, м²; k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в воздухопроницаемых элементах.

$$L_{вент} = L_{прит} = 60 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}},$$

$$Q_{вент} = 0,28 \cdot L_{вент} \cdot c_v \cdot \rho_v \cdot (t_b - t_n).$$

Для получения потребности в теплоте на нагрев вентиляционного наружного воздуха для каждого помещения умножим $Q_{вент}$ на удельную площадь помещения.

Расчетные теплопотери для вычисления теплоотдачи отопительных приборов в помещениях, в которых приток осуществляется за счет инфильтрации и проветривания:

$$Q_{от пр} = (Q_{инф/вент} + Q_{огр}) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2,$$

где $Q_{инф/вент}$ – потребность в теплоте на нагрев наружного воздуха (принимается большее из значений $Q_{инф}$ и $Q_{вент}$); β_1 – коэффициент учета дополнительных теплопотерь отопительными приборами у наружных ограждающих конструкций; β_2 – коэффициент запаса поверхности нагрева отопительных приборов, позволяющий учесть компенсацию возможных теплопотерь через внутренние ограждающие конструкции смежных помещений, в которых посредством термостатов поддерживается температура внутреннего воздуха ниже расчетной.

Таблица 1

Тепловые потери по этажам здания

Номер этажа	$Q_{огр}$, Вт	$Q_{инф}$, Вт	$Q_{вент}$, Вт	$Q_{общ}$, Вт	$Q_{от пр}$, Вт
1	11784	2145	361	13929	14625
2	8039	1377	361	9416	9887
3	8039	1377	361	9416	9887
4	8039	1377	361	9416	9887
5	13863	2249	361	16112	16918
6	50392	1870	361	52262	54875
				Итого	116079

Большая величина теплопотерь говорит об плохой энергоэффективности здания в целом в виду больших оконных проемов и плохо утепленного последнего этажа.

Для тепловизионного исследования объекта использовался портативный тепловизор Testo 875 [6].

Съемки проводились 25 января 2018 года в темное время суток снаружи помещения, и в светлое время – внутри в солнечный день. Съёмка проводилась при отсутствие атмосферных осадков, с небольшим порывами ветра до 6 м/с, ветер юго-восточный, при температуре воздуха приблизительно $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха 64 %. Средняя температура в помещениях на пяти этажах здания составила $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура последнего этажа здания $13\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Термографирование поверхности стен производились в перпендикулярном направлении к стене, либо при отклонении от этого направления влево, вправо, вверх и вниз, не превышающем 30° . Телевизионному обследованию была подвергнута вся площадь наружной поверхности ограждающих конструкций с соответствующей записью термографических файлов.

На результаты тепловизионной съемки большое влияние оказывает расположение ограждающих конструкций относительно сторонам света (рис. 2).

Из телевизионного мониторинга наружной ограждающей конструкции видно, что исследуемое здание по своей конструкции и следовательно теплопотерям напоминает дымовую трубу. Основные тепловые потери приходятся через оконные проемы и потолок последнего этажа здания, которые осуществляются естественной тягой (рис. 3).

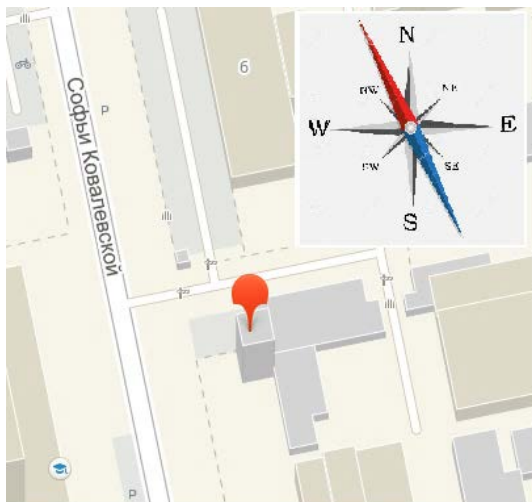


Рис. 2. Расположение объекта относительно сторонам света

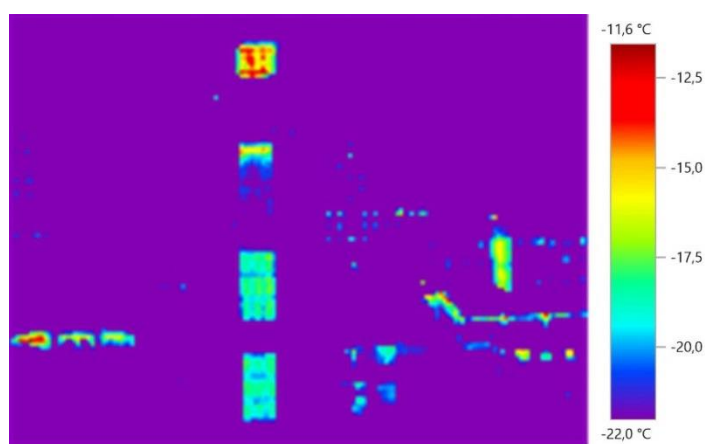


Рис. 3. Термограмма наружной ограждающей конструкции высотного здания с западной стороны

Средняя температура ограждающей конструкции потолочного перекрытия $7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, что ниже температуры воздуха последнего этажа на $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Теплопотери через остальные ограждающие конструкции малы. В основном видны тепловые потери в следствии плохой герметизации швов и стыков оконных и дверных проемов, а также дефектов уплотняющих резинок в пластиковых окнах (рис. 4,5). Низкая температура швов и стыков варьируется от $-0,2$ до $+5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ внутри помещения.

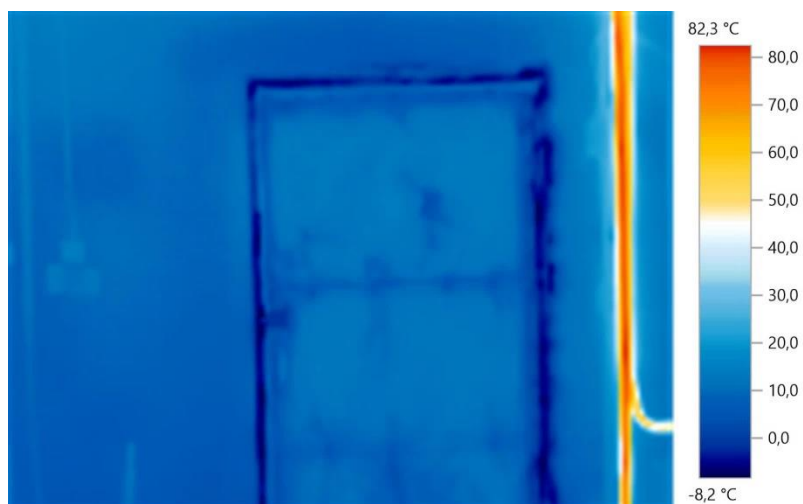


Рис. 4. Термограмма входной двери

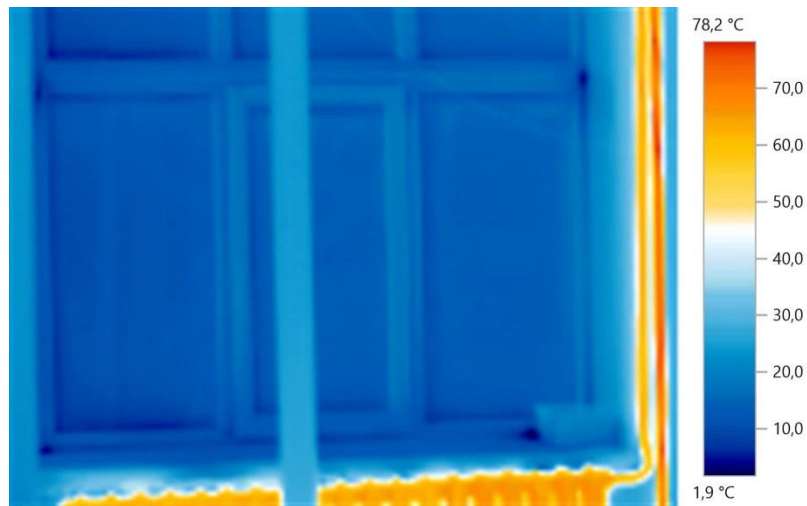


Рис. 5. Термограмма оконного проема

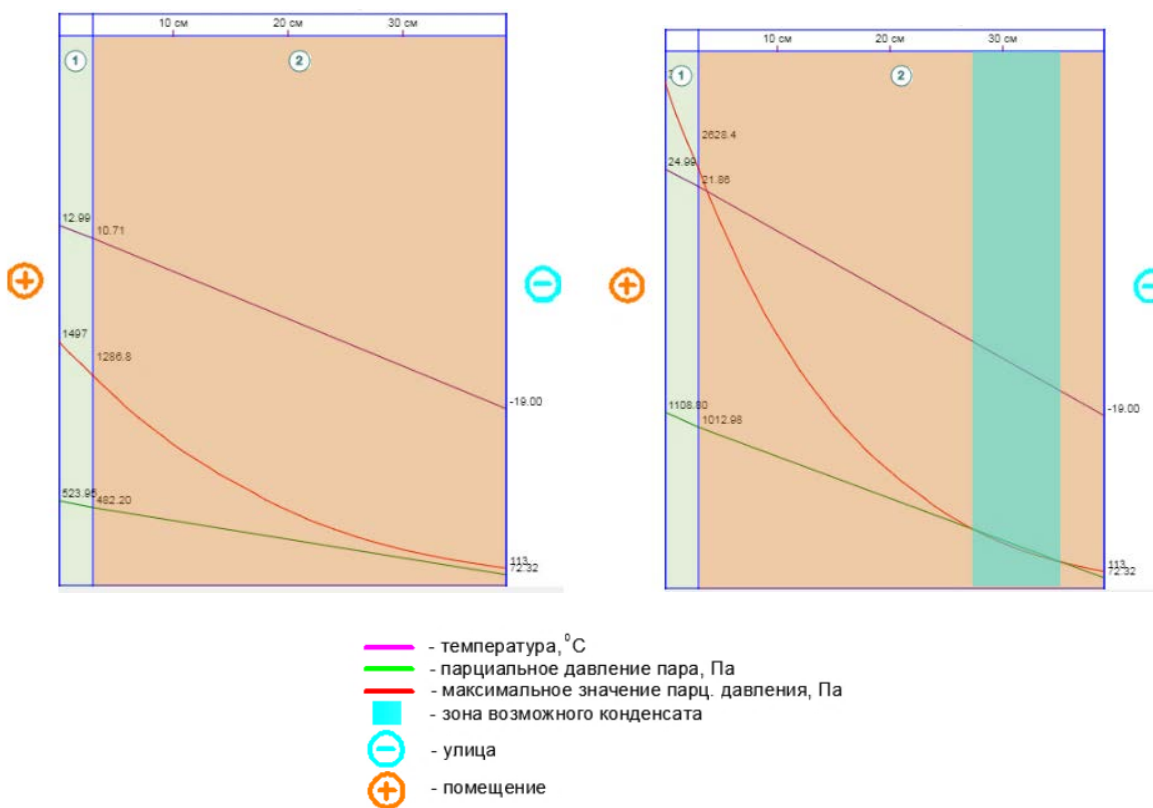


Рис. 6. Распределение температур и парциального давления водяного пара по толще ограждения: слева – при температуре внутри помещения +13 °C, справа – при температуре внутри помещения +25°C

С целью анализа теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания проведем оценку их влажностного состояния. Построим график распределения температур в толще ограждающей конструкции и определим зону возможной конденсации влаги в толще ограждающей конструкции (рис. 6). Вычисления производим по формулам:

$$E = 10^{\frac{658+10,2t}{236+t}},$$

где t – температура воздуха, °C.

$$e = e_B - \frac{e_B - e_H}{R_{\text{по}}} \sum_i^x R_{\text{пи}},$$

где $R_{\text{по}}$ – общее сопротивление паропрооницанию ограждения, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$.

Обратим внимание, что наружная ограждающая конструкция состоит из 2 слоев: 1 – штукатурка; 2 – глиняный кирпич (3 слоя).

Улучшение теплового и воздушного режимов зданий связано с необходимостью повышения теплозащитных качеств ограждающих конструкций.

Снижение расходов тепла на эксплуатацию зданий может быть достигнуто совершенствованием норм строительного проектирования улучшением качества строительства и эксплуатации зданий, комплексом конструктивно-планировочных и инженерных решений, гарантирующих создание благоприятных комфортного режима жилых и производственных помещений. Рекомендуется заменить стеклопакеты последнего этажа здания и утеплить выходную дверь на крышу здания.

4. Заключение

Большие потери тепла здания происходит через окна: плохо утепленные деревянные окна последнего этажа обладают повышенной воздухопроницаемостью, а пластиковых стеклопакетах имеются неуплотненные швы.

Необходимость проведения мероприятий по энергосбережению в строительстве и эксплуатации жилья в настоящее время не вызывает сомнения, повышение теплозащитных качеств стеновых ограждающих конструкций позволяет снизить теплопотери жилого здания и, как следствие, расход тепловой энергии на его отопление.

Список литературы

1. Чернов В. А., Масьянова А. М. Мероприятия по снижению теплопотерь через ограждения и по экономии энергии на эксплуатацию зданий // Молодой ученый. — 2015. — №5. — С. 196-199.
2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменением N 2) /Дата введения 2013-01-01
3. Тепловизионная диагностика зданий: методические указания к практической работе / сост. Т.Н. Немова, К.Д. Трофимов – Томск: Изд-во Том. гос. арх.-строит. ун-та, 2015. – 39 с.
4. Ливчак В.Н. Руководство по расчету теплопотерь помещений и тепловых нагрузок на систему отопления жилых и общественных зданий. / В.Н. Ливчак. – М.: Некоммерческое партнерство «Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике» (НП «АВОК»), 2012. – 26 с.
5. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003/ Дата введения 2013-07-01
6. Тепловизор testo 875. Руководство пользователя / ООО «ТэстоРус» 115054, г.Москва.